

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-084059

(43)Date of publication of application : 18.03.2004

(51)Int.Cl.

C25D 1/10  
C25D 3/66  
H01L 21/288

(21)Application number : 2003-059999

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 06.03.2003

(72)Inventor :  
NITTA KOJI  
INASAWA SHINJI  
HAGA TAKESHI  
ITO YASUHIKO  
NOHIRA TOSHIYUKI  
NISHIGORI TOKUJIRO

(30)Priority

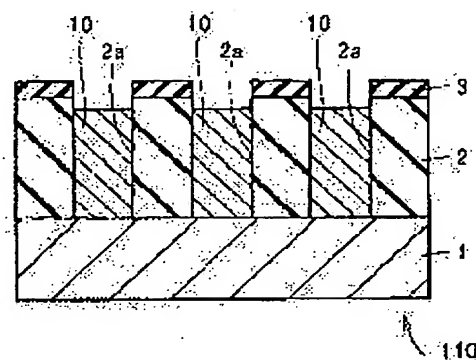
Priority number : 2002195833 Priority date : 04.07.2002 Priority country : JP

(54) DIE FOR PLATING WITH FINE PATTERN, FINE METAL STRUCTURE, DIE FOR FINE WORKING, METHOD FOR PRODUCING DIE FOR PLATING WITH FINE PATTERN, AND METHOD FOR PRODUCING FINE METAL STRUCTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fine metal structure made of a material having a high melting point and high mechanical strength, to provide a die for plating with fine patterns with which the fine metal structure can be produced, to provide a method for producing the same, to provide a die for fine working consisting of the fine metal structure, and to provide a method for producing the same.

SOLUTION: The die 110 for plating has fine patterns with dimensions of a  $\mu\text{m}$  order or less, and is made of a material having a heat resistance of  $\geq 250^\circ\text{C}$ . Molten salt electroforming is performed using the die 110 for plating, so that the fine metal structure having satisfactory mechanical strength is produced.



(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

C 2 5 D 1/10  
C 2 5 D 3/66  
H 0 1 L 21/288

F I

C 2 5 D 1/10 3 1 1  
C 2 5 D 3/66  
H 0 1 L 21/288 E

テーマコード(参考)

4 M 1 0 4

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全19頁)

(21) 出願番号 特願2003-59999 (P2003-59999)  
(22) 出願日 平成15年3月6日 (2003. 3. 6)  
(31) 優先権主張番号 特願2002-195833 (P2002-195833)  
(32) 優先日 平成14年7月4日 (2002. 7. 4)  
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000002130  
住友電気工業株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
(74) 代理人 100064746  
弁理士 深見 久郎  
(74) 代理人 100085132  
弁理士 森田 俊雄  
(74) 代理人 100083703  
弁理士 仲村 義平  
(74) 代理人 100096781  
弁理士 堀井 豊  
(74) 代理人 100098316  
弁理士 野田 久登  
(74) 代理人 100109162  
弁理士 酒井 将行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微細パターンを有するメッキ用型、微細金属構造体、微細加工用型、微細パターンを有するメッキ用型の製造方法、および微細金属構造体の製造方法

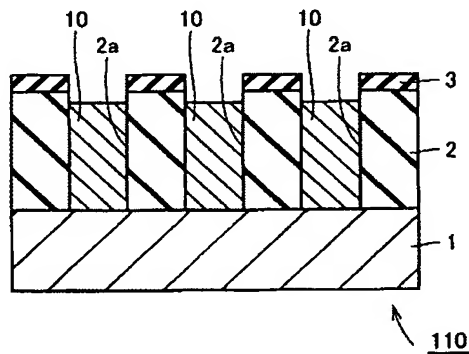
## (57) 【要約】

【課題】 融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる微細金属構造体を提供し、その微細金属構造体を製造することが可能な、微細パターンを有するメッキ用型およびその製造方法を提供し、その微細金属構造体よりなる微細加工用型およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明の微細パターンを有するメッキ用型110は、 $\mu\text{m}$ オーダー以下の寸法の微細パターンを有し、かつ250℃以上の耐熱を有する材質よりなっている。このメッキ用型110を用いて熔融塩電鍍を行うことにより、機械強度の良好な微細金属構造体が製造される。

## 【選択図】

図 6



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

$\mu\text{m}$  オーダ以下の寸法の微細パターンを有し、かつ  $250^{\circ}\text{C}$  以上の耐熱を有する材質よりなる、微細パターンを有するメッキ用型。

## 【請求項 2】

$350^{\circ}\text{C}$  以上の耐熱を有する材質よりなることを特徴とする、請求項 1 に記載の微細パターンを有するメッキ用型。

## 【請求項 3】

$250^{\circ}\text{C}$  以上の耐熱を有する前記材質は、シリコン、アルミナ、ジルコニア、ニッケル、フリットガラス、ステンレス鋼、ニッケル、鉄および銅よりなる群から選ばれる 1 種以上を含むことを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の微細パターンを有するメッキ用型。 10

## 【請求項 4】

$\mu\text{m}$  オーダ以下の寸法の微細パターンを有し、かつ少なくとも一部表面の硬さがビッカース硬さ  $\text{HV}500$  以上である、微細金属構造体。

## 【請求項 5】

請求項 4 に記載の微細金属構造体が加工用の型として形成されたものであり、加工面の硬さがビッカース硬さ  $\text{HV}500$  以上であることを特徴とする、微細加工用型。

## 【請求項 6】

$\mu\text{m}$  オーダ以下の寸法の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法であって、共に  $250^{\circ}\text{C}$  以上の耐熱を有する材質よりなるパターン層と導電性基板とを積層した積層体を形成する工程と、前記パターン層をパターニングすることにより、前記パターン層に、前記パターン層と前記導電性基板との接触面に達する微細な開口部を形成する工程とを備えた、微細パターンを有するメッキ用型の製造方法。 20

## 【請求項 7】

前記導電性基板は、前記パターン層上に直接接合されることにより形成されることを特徴とする、請求項 6 に記載の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法。

## 【請求項 8】

前記導電性基板は、前記パターン層上に拡散接合により接合されることにより形成されることを特徴とする、請求項 6 に記載の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法。 30

## 【請求項 9】

前記導電性基板は、前記パターン層上に形成された導電膜を通電層として電鍍により形成されることを特徴とする、請求項 6 に記載の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法。

## 【請求項 10】

$\mu\text{m}$  オーダ以下の寸法の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法であって、 $250^{\circ}\text{C}$  以上の耐熱を有する材質よりなる導電性基板と、微細パターンを有する層との積層体を形成する工程と、 $250^{\circ}\text{C}$  以上の耐熱を有する材質よりなる素材を加熱した状態で、前記素材の表面に前記積層体の前記微細パターンを押し当てることにより、前記素材の表面を前記微細パターンに嵌るように変形させる工程と、前記微細パターンを有する層の表面が露出するまで前記素材を除去することにより、前記微細パターン内にのみ前記素材を残存させてパターン層とする工程と、前記微細パターンを有する層を除去する工程とを備えた、微細パターンを有するメッキ用型の製造方法。 40

## 【請求項 11】

$\mu\text{m}$  オーダ以下の寸法の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法であって、微細パターンを有する型を形成する工程と、 $250^{\circ}\text{C}$  以上の耐熱を有する材質よりなる素材を加熱した状態で、前記素材の表面に前記型の前記微細パターンを押し当てることにより、前記素材の表面を前記微細パターンに嵌 50

るように変形させる工程と、  
前記素材から前記型を除去する工程と、  
前記素材の表面を導電化させる工程とを備えた、微細パターンを有するメッキ用型の製造方法。

【請求項 12】

請求項 6 ～ 11 のいずれかの方法により形成されたメッキ用型を用いて熔融塩電鍍を行うことにより、前記メッキ用型の前記微細パターンに嵌り合うようなパターンを有する微細金属構造体を形成する工程と、  
前記微細金属構造体から前記メッキ用型を除去する工程とを備えた、微細金属構造体の製造方法。

10

【請求項 13】

前記微細金属構造体の表面を窒化させる工程をさらに備えたことを特徴とする、請求項 12 に記載の微細金属構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、微細パターンを有するメッキ用型、微細金属構造体、微細加工用型、微細パターンを有するメッキ用型の製造方法、および微細金属構造体の製造方法に関するものである。

【0002】

20

【従来の技術】

精度のよい微細金属構造体を大量に製造する場合、LIGA (Lithographie Galvanoformung Abformung) プロセスは有用である。X線の中でも指向性の高いシンクロトロン放射 (SR) 光を用いる LIGA プロセスは、ディープなリソグラフィが実施可能であり、数 100  $\mu\text{m}$  の高さの構造体をミクロン領域の精度で加工することが可能であり、高いアスペクト比を有する微細金属構造体を容易に製造することができるなどの特徴を有するため、広範な分野での応用が期待されている。

【0003】

LIGA プロセスは、リソグラフィ、電鍍などのメッキおよびモールドを組合わせた加工技術である。LIGA プロセスによれば、たとえば導電性基板上にレジスト膜が形成され、このレジスト膜に所定形状のパターンを有する吸収体マスク (レチクル) を介して SR 光が照射される。このようなリソグラフィにより吸収体マスクの形状パターンに応じたレジスト構造体 (樹脂型) が形成される。このレジスト構造体の空孔部内に電鍍によってニッケル (Ni) のような金属を堆積させることにより、微細金属構造体を得られる。

30

【0004】

また、電鍍をさらに進めて得られた高精度の微細金属構造体を金型として用い、射出成形などのモールドにより樹脂製の微細成形品を得ることもできる。

【0005】

なお、上記のような LIGA プロセスについては、たとえば表面技術 Vol. 52, No. 11, 2001, p. 734 - 735 に記載されている。

40

【0006】

【非特許文献】

表面技術 Vol. 52, No. 11, 2001、表面技術協会発行、p. 734 - 735

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

タングステン (W) やチタン (Ti) は、融点が高く、機械強度 (ヤング率、硬度) も高いため、機械構造体に適した材質である。このタングステンあるいはチタンからなる機械構造体を上記の LIGA プロセスを用いて製造する場合、水 (水溶液) を使わない熔融塩電鍍を用いる必要がある。しかしながら、上記の LIGA プロセスにおいて、タングステ

50

ンやチタンよりなる機械構造体を、水（水溶液）を使わない熔融塩電鍍により製造することはできなかった。理由は以下のとおりである。

【 0 0 0 8 】

上記の L I G A プロセスでは、レジストとしてポリメタクリル酸エチル（P M M A : p o l y m e t h y l m e t h a c r y l a t e）などのプラスチックが用いられている。しかし、熔融塩電鍍では 2 0 0 ℃ 以上という高温になる場合があり、このような温度では P M M A よりなるレジストは軟化・変形を起こす。また、P M M A よりなるレジストは、熔融塩と化学反応を起こして変質し、パターン崩れを起こす場合もある。このため、L I G A プロセスでは、タングステンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を、水（水溶液）を使わない熔融塩電鍍により製造することはできなかった。

10

【 0 0 0 9 】

また、上記の L I G A プロセスにおいて電鍍をさらに進めて得られたニッケルなどよりなる微細金属構造体では良好な機械強度が得られない。このため、その微細金属構造体を金型として用いても、寸法精度の高い高精度な微細成形品を得ることはできなかった。

【 0 0 1 0 】

それゆえ、本発明の一の目的は、融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を製造することが可能な、微細パターンを有するメッキ用型およびその製造方法を提供することである。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の他の目的は、機械強度の高い微細金属構造体、微細加工用型およびその製造方法を提供することである。

20

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型は、 $\mu$  m オーダ以下の寸法の微細パターンを有し、かつ 2 5 0 ℃ 以上の耐熱を有する材質よりなっている。

【 0 0 1 3 】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型は 2 5 0 ℃ 以上の耐熱を有する材質よりなっているため、高温となる熔融塩電鍍においても軟化・変形を起こすことは防止される。このため、タングステンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を、水（水溶液）を使わない熔融塩電鍍により製造することができる。

30

【 0 0 1 4 】

上記の微細パターンを有するメッキ用型において好ましくは、メッキ用型が 3 5 0 ℃ 以上の耐熱を有する材質よりなっている。

【 0 0 1 5 】

これにより、さらに高温の熔融塩電鍍においてもメッキ用型が軟化・変形を起こすことは防止される。

【 0 0 1 6 】

上記の微細パターンを有するメッキ用型において好ましくは、2 5 0 ℃ 以上の耐熱を有する材質は、シリコン、アルミナ、ジルコニア、ニッケル、フリットガラス、ステンレス鋼、ニッケル、鉄および銅よりなる群から選ばれる 1 種以上を含んでいる。

40

【 0 0 1 7 】

これによりメッキ用型の材質を適宜選ぶことができる。

本発明の微細金属構造体は、 $\mu$  m オーダ以下の寸法の微細パターンを有し、かつ少なくとも一部表面の硬さがビッカース硬さ H V 5 0 0 以上である。

【 0 0 1 8 】

本発明の微細金属構造体によれば、微細金属構造体の少なくとも表面の硬さがビッカース硬さ H V 5 0 0 以上であるため、この微細金属構造体を高い硬度の要求される用途に使用することができる。

【 0 0 1 9 】

本発明の微細加工用型は、上記の微細金属構造体が加工用の型として形成されたものであ

50

り、加工面の硬さがビッカース硬さHV500以上である。

【0020】

本発明の微細加工用型によれば、微細加工用型の加工面の硬さがビッカース硬さHV500以上であるため、加工時にこの微細加工用型の加工面が変形することを抑制することができ、寸法精度の高いパターンを形成することが可能となる。

【0021】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型の一の製造方法は、 $\mu\text{m}$ オーダ以下の寸法の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法であって、共に250℃以上の耐熱を有する材質よりなるパターン層と導電性基板とを積層した積層体を形成する工程と、パターン層をパターニングすることにより、パターン層に、パターン層と導電性基板との接触面に達する微細な開口部を形成する工程とを備えたものである。

10

【0022】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型の一の製造方法によれば、パターン層と導電性基板とが共に250℃以上の耐熱を有する材質よりなっているため、これにより製造されるメッキ用型を溶融塩電鍍に用いることができる。よって、このメッキ用型を用いて、タングステンやチタンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる微細金属構造体を製造することが可能となる。

【0023】

また、開口部がパターン層と導電性基板との接触面に達するように形成されるため、開口部形成時の終点の検出が容易となる。

20

【0024】

上記の微細パターンを有するメッキ用型の一の製造方法において好ましくは、導電性基板は、パターン層上に直接接合されることにより形成される。

【0025】

これにより、パターン層と導電性基板とを互いに加圧するという簡単な方法で接合することが可能となる。

【0026】

上記の微細パターンを有するメッキ用型の一の製造方法において好ましくは、導電性基板は、パターン層上に拡散接合により接合されることにより形成される。

【0027】

これにより、パターン層と導電性基板とを拡散接合により強固に接合することが可能となる。

30

【0028】

上記の微細パターンを有するメッキ用型の一の製造方法において好ましくは、導電性基板は、パターン層上に形成された導電膜を通電層として電鍍により形成される。

【0029】

これにより、電鍍という簡易な方法で導電性基板を形成することができる。

本発明の微細パターンを有するメッキ用型の他の製造方法は、 $\mu\text{m}$ オーダ以下の寸法の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法であって、250℃以上の耐熱を有する材質よりなる導電性基板と、微細パターンを有する層との積層体を形成する工程と、250℃以上の耐熱を有する材質よりなる素材を加熱した状態で、素材の表面に積層体の微細パターンを押し当てることにより、素材の表面を微細パターンに嵌るように変形させる工程と、微細パターンを有する層の表面が露出するまで素材を除去することにより、微細パターン内のみ素材を残存させてパターン層とする工程と、微細パターンを有する層を除去する工程とを備えたものである。

40

【0030】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型の他の製造方法によれば、導電性基板と素材とが共に250℃以上の耐熱を有する材質よりなっているため、これにより製造されるメッキ用型を溶融塩電鍍に用いることができる。よって、このメッキ用型を用いて、タングステンやチタンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる微細金属構造体を製

50

造することが可能となる。

【 0 0 3 1 】

また、素材を加熱した状態で、素材の表面に積層体の微細パターンを押し当てることにより、素材を微細パターンに嵌るように変形させるため、この素材にたとえばガラスなどの材質を用いることが可能となる。

【 0 0 3 2 】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型のさらに他の製造方法は、 $\mu\text{m}$ オーダ以下の寸法の微細パターンを有するメッキ用型の製造方法であって、微細パターンを有する型を形成する工程と、 $250^{\circ}\text{C}$ 以上の耐熱を有する材質よりなる素材を加熱した状態で、素材の表面に型の微細パターンを押し当てることにより、素材の表面を微細パターンに嵌るよう

10

【 0 0 3 3 】

本発明の微細パターンを有するメッキ用型のさらに他の製造方法によれば、素材が $250^{\circ}\text{C}$ 以上の耐熱を有する材質よりなっているため、これにより製造されるメッキ用型を熔融塩電鍍に用いることができる。よって、このメッキ用型を用いて、タングステンやチタンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる微細金属構造体を製造することが可能となる。

【 0 0 3 4 】

また、素材を加熱した状態で、素材の表面に型の微細パターンを押し当てることにより、

20

【 0 0 3 5 】

本発明の微細金属構造体の製造方法は、上記のいずれかの方法により形成されたメッキ用型を用いて熔融塩電鍍を行うことにより、メッキ用型の微細パターンに嵌り合うようなパターンを有する微細金属構造体を形成する工程と、微細金属構造体からメッキ用型を除去する工程とを備えたものである。

【 0 0 3 6 】

本発明の微細金属構造体の製造方法によれば、メッキ用型は、 $250^{\circ}\text{C}$ 以上の耐熱を有する材質よりなっており、 $250^{\circ}\text{C}$ 以上の高温でも軟化・変形を起こし難い。このため、このメッキ用型を用いれば、高温の熔融塩電鍍を行うことが可能となる。よって、熔融塩電鍍により、タングステンやチタンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる微細金属構造体を製造することが可能となる。

30

【 0 0 3 7 】

上記の微細金属構造体の製造方法において好ましくは、微細金属構造体の表面を窒化させる工程がさらに備えられている。

【 0 0 3 8 】

これにより、窒化層が形成されるため、この微細金属構造体をガラスを加工するための微細加工用型として用いた場合に、加工後のガラスの離型性を良好とすることができる。

【 0 0 3 9 】

40

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の実施の形態について図に基づいて説明する。

【 0 0 4 0 】

( 実施の形態 1 )

図 1 ～ 図 8 は、本発明の実施の形態 1 における微細金属構造体の製造方法を工程順に示す概略断面図である。図 1 を参照して、たとえばステンレス、銅、鉄、ニッケルなどよりなる金属板（導電性基板）1 上に、シリコン基板 2 とシリコン窒化膜よりなるマスク層 3 とからなるパターン層が接合されて積層体が形成される。

【 0 0 4 1 】

図 2 を参照して、マスク層 3 上にレジスト 4 が塗布された後、レチクル（フォトマスク）

50

20のパターンがUV (ultraviolet) 光またはX線によりレジスト4に照射される。この後、レジスト4が現像される。なお、レジスト20は、UV光またはX線に対して透明な材質よりなる基板21と、その基板21上に形成された遮光膜よりなるパターン22とを有している。

【0042】

図3を参照して、レジスト4の現像により、レジスト4がポジ型の場合には、UV光またはX線の照射された部分のみが除去されて、その部分のマスク層3の表面が露出する。このパターンニングされたレジスト4をマスクとしてマスク層3にエッチングが施される。この後、レジスト4は、たとえばアッシングなどにより除去される。

【0043】

図4を参照して、上記のマスク層3のエッチングにより、マスク層3はパターンニングされる。

【0044】

図5を参照して、パターンニングされたマスク層3をマスクとしてシリコン基板2にエッチングを施すことにより、シリコン基板2がパターンニングされる。これにより、金属板1とシリコン基板2との接合面に達する微細な開口部2aがシリコン基板2に形成され、開口部2aの底部において金属板1の表面が露出する。これにより、金属板1とシリコン基板2とマスク層3とからなるメッキ用型110が形成される。このメッキ用型110においては、金属板1とシリコン基板2とマスク層3との全てが250℃以上（好ましくは350℃以上）の耐熱を有している。

【0045】

図6を参照して、このメッキ用型110を用いて熔融塩電鍍が行なわれる。これにより、開口部2aから露出する金属板1の表面に、たとえばタングステンよりなる金属層10が堆積されて、その金属層よりなる微細金属構造体10が開口部2a内に（開口部2aに嵌るように）形成される。この後、シリコン基板2とマスク層3とが除去される。

【0046】

図7を参照して、さらに、金属板1から微細金属構造体10が剥離されることにより、図8に示すような微細金属構造体10が製造される。

【0047】

図1における金属板1とシリコン基板2との接合には、たとえば以下の2つの方法が採用される。

【0048】

第1の方法は、鏡面にしたシリコン基板2および金属板1（ここではステンレス）の表面にアルゴン (Ar) などのイオンを照射して表面の不純物を除去し、真空中でシリコン基板2および金属板1を加圧して直接接合する方法である。また第2の方法は、シリコン基板2および金属板1のいずれかの表面にスパッタにより銅層を1μm程度の厚さで堆積し、その銅層を介してシリコン基板2および金属板1を互いに加圧するとともに加熱することで銅の拡散現象を利用して接合する方法である。

【0049】

マスク層3としては、たとえばシリコン窒化膜やシリコン酸化膜を用いることができる。また、リソグラフィーのレジスト4には、UVリソグラフィーの場合にはたとえばUVレジストが用いられ、X線リソグラフィーの場合にはたとえばPMMAが用いられる。

【0050】

図4、図5のシリコン基板2のパターンニングでは、たとえば反応性イオンによるドライエッチングが用いられる。このドライエッチングは、一般にトレンチエッチングと呼ばれ、たとえばSTS社製のMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 用ICP (Inductively Coupled Plasma) エッチング装置が用いられる。

【0051】

図5、図6のタングステンの熔融塩電鍍は、たとえば図9に示す装置を用いて行なわれる

10

20

30

40

50



。図 9 を参照して、この電鍍装置は、プラス極 3 1 と、マイナス極 3 2 と、標準電極 3 3 と、熱電対 3 4 と、攪拌棒 3 5 と、ガス導入部 3 6 と、容器 3 7 a と、蓋体 3 7 b と、熔融塩 3 8 と、溶解性陽極 3 9 とを主に有している。熔融塩 3 8 および溶解性陽極 3 9 は、電気炉と保温材とを有する容器 3 7 a (たとえばアルミナよりなる) 内に入れられており、この容器 3 7 a 内は蓋体 3 7 b により密閉されている。プラス極 3 1 (たとえば白金またはカーボン電極よりなる) は溶解性陽極 3 9 に差し込まれており、またマイナス極 3 2 (たとえば銅よりなる) は熔融塩 3 8 内に差し込まれており、その先端に熔融塩電鍍を施すための基材 4 0 が電気的に接続されている。標準電極 3 3 および熱電対 3 4 の各々は電位および温度のそれぞれをモニターするためのものであり、攪拌棒 3 5 は熔融塩 3 8 を攪拌するためのものである。またガス導入部 3 6 は、容器 3 7 a 内にたとえばアルゴンガスを導入し、排気するためのものである。

#### 【 0 0 5 2 】

この装置を用いたタングステンの熔融塩電鍍では、たとえば  $\text{LiCl}$  (塩化リチウム) -  $\text{KCl}$  (塩化カリウム) 共晶熔融塩系電鍍が用いられる。具体的には、 $\text{LiCl}$  を 4 5 質量%、 $\text{KCl}$  を 5 5 質量% の比率で混合した融点が  $352^{\circ}\text{C}$  の共融混合物 (熔融塩) に対し、 $\text{WCl}_2$  (塩化タングステン) を 0. 1 ~ 1 0 質量% (たとえば 1 質量%) で添加されたものが用いられる。そして、マイナス極 3 2 に、図 5 の状態の基板が基材 4 0 としてセットされる。そして、容器 3 7 a 内を真空に引き、 $200^{\circ}\text{C}$  まで加熱し、容器 3 7 a 内をアルゴンで置換して温度を  $300^{\circ}\text{C}$  まで上げて電鍍が行なわれる。このときの電流密度は  $0. 1 \sim 10 \text{ A} / \text{dm}^2$  ( $10 \sim 1000 \text{ A} / \text{m}^2$ ) の範囲内で、好ましくは  $1. 0 \text{ A} / \text{dm}^2$  ( $100 \text{ A} / \text{m}^2$ ) である。

#### 【 0 0 5 3 】

電鍍が終了した後、基材 4 0 が取り出され、 $\text{KOH}$  (水酸化カリウム) によるシリコンエッチング、または急速冷却によるシリコン破壊、またはシリコンのドライエッチングなどでシリコン基板 2 が除去され、タングステン微細金属構造体 1 0 が金属板 1 から剥離して取り出される。

#### 【 0 0 5 4 】

なお、電鍍の前に水分を十分に除去しておく必要がある。なぜなら、塩は非常に吸湿しやすく、メッキ中 (高温) に水分が残留すると、陰極効率が低下して、その際に発生する水素ガスと金属水酸化物のために皮膜が粒子状になるとともに、残留する水の気化により水蒸気爆発の可能性もあるからである。

#### 【 0 0 5 5 】

上記の実施の形態におけるプロセスは 1 例であって、本発明はこのプロセスに限定されるものではない。また、熔融塩電鍍で電鍍される金属としてタングステンについて説明したが、本発明で電鍍される金属はこれに限定されるものではなくチタンなどの他の材料であってもよい。

#### 【 0 0 5 6 】

また、上記においては金属層 1 とシリコン層 2 とが接合される場合について説明したが、図 1 0 に示すようにシリコン層 2 上に銅などのシード層 1 a をスパッタリングした後に、そのシード層 (導電膜) 1 a に給電して (つまりシード層 1 a を通電層として) 銅を厚さ 2 mm までメッキ (電鍍) により成長させて、図 1 1 に示すような銅よりなる金属層 1 が形成されてもよい。なお、この後は上記と同様の図 1 ~ 図 8 の工程が施されて、微細金属構造体 1 0 が製造される。

#### 【 0 0 5 7 】

##### (実施の形態 2)

図 1 2 ~ 図 1 5 は、本発明の実施の形態 2 におけるメッキ用型の製造方法を工程順に示す概略断面図である。図 1 2 を参照して、 $250^{\circ}\text{C}$  以上の耐熱を有する材質よりなるパターン層 1 0 2 が準備される。このパターン層 1 0 2 は、たとえば  $1 \mu\text{m}$  以上  $100 \mu\text{m}$  以下の厚みを有するシリコン ( $\text{Si}$ ) ウエハである。このシリコンは、 $350^{\circ}\text{C}$  以上でも軟化・変形を起し難く、かつ熔融塩とも反応しない材質である。パターン層 1 0 2 の厚みが

1  $\mu\text{m}$ 未満では、絶縁マスクとして必要な絶縁性が得られず、マスク上にメッキ層が成長する可能性がある。また、パターン層102の厚みが100  $\mu\text{m}$ を超えると、後工程のトレンチエッチングの加工限界により必要な精度を得ることが困難となる。

【0058】

図13を参照して、パターン層102の表面上に、スパッタ法によりニッケル(Ni)層101aが、たとえば0.01  $\mu\text{m}$ 以上1  $\mu\text{m}$ 以下の厚みで形成される。このニッケル層101aは、より好ましくは0.05  $\mu\text{m}$ 以上0.2  $\mu\text{m}$ 以下の厚みで形成される。ニッケル層101aの厚みが0.01  $\mu\text{m}$ 未満では、次工程のメッキに必要な導電性を得ることができない。また、ニッケル層101aの厚みが1  $\mu\text{m}$ を超えると、スパッタにより形成されるニッケル層101aの残留応力によりニッケル層101aがパターン層102から剥離する可能性が高い。

【0059】

図14を参照して、上記ニッケル層101aをシード層として電気メッキを行うことにより、パターン層102上に導電性基板としてニッケル層101が形成される。これにより、パターン層102と導電性基板101とを積層した積層体が得られる。

【0060】

導電性基板101は、たとえば0.1  $\mu\text{m}$ 以上1 mm以下の厚みで形成され、より好ましくは0.2  $\mu\text{m}$ 以上0.4 mm以下の厚みで形成される。導電性基板101の厚みが0.1  $\mu\text{m}$ 未満では、取り扱い時にメッキ用型に曲がりなどの損傷が生じる可能性が大きくなる。また、導電性基板101の厚みが1 mmを超えると、メッキにより形成された導電性基板101の内部応力により変形が大きくなる。

【0061】

図15を参照して、実施の形態1と同様にして、パターン層102にトレンチエッチングが行なわれる。このトレンチエッチングにより、パターン層102には、パターン層102と導電性基板101との接触面に達する開口部(凹部)102aが形成される。これにより、たとえば凸部と凹部とが交互に配置されたライン・アンド・スペースの微細パターンがパターン層102に形成される。このライン・アンド・スペースの微細パターンにおける凸部の線幅 $W_L$ と凹部の線幅 $W_S$ との双方はたとえば2  $\mu\text{m}$ 以上の寸法であり、凹部102aのアスペクト比(深さ $D$ /幅 $W_S$ )はたとえば5以下である。

【0062】

凸部の線幅 $W_L$ 、凹部の線幅 $W_S$ が2  $\mu\text{m}$ 未満では、トレンチエッチングの加工限界により必要な精度を得ることができない。また、凹部102aのアスペクト比が5を超えても、トレンチエッチングの加工限界により必要な精度を得ることができない。

【0063】

上記の方法により形成される本実施の形態のメッキ用型は、図15に示すように、たとえばシリコンウエハよりなるパターン層102とたとえばニッケル層よりなる導電性基板101との積層構造よりなっている。パターン層102には、 $\mu\text{m}$ オーダ以下の寸法の微細パターンが形成されている。導電性基板101とパターン層102との双方は、250℃以上の耐熱を有する材質よりなっており、350℃以上の耐熱を有する材質よりなっていることが好ましい。

【0064】

なお、上記においては、パターン層102がシリコンウエハよりなる場合について説明したが、パターン層102にはアルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )板、ジルコニア( $\text{ZrO}_2$ )板などが用いられても良い。これらのアルミナ板またはジルコニア板も250℃以上の耐熱を有し、また350℃以上でも軟化・変形を起こし難い材質である。これらのアルミナ板またはジルコニア板をパターン層102として用いた場合も、上記と同じ条件でメッキ用型を形成することが好ましい。

【0065】

また、上記においては、導電性基板101がニッケル層よりなる場合について説明したが、導電性基板101もニッケル層に限定されず、250℃以上の耐熱を有し、かつ導電性

を有する材質であれば良い。

【 0 0 6 6 】

本実施の形態によれば、メッキ用型 1 1 0 は 2 5 0 ℃ 以上の耐熱を有する材質よりなっているため、高温となる熔融塩電鍍においても軟化・変形を起こすことは防止される。このため、このメッキ用型 1 1 0 を用いることにより、タングステンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を、水（水溶液）を使わない熔融塩電鍍により製造することが可能となる。

【 0 0 6 7 】

（実施の形態 3）

図 1 6 ～ 図 2 1 は、本発明の実施の形態 3 におけるメッキ用型の製造方法を工程順に示す概略断面図である。図 1 6 を参照して、2 5 0 ℃ 以上の耐熱を有する材質よりなる導電性基板 1 0 1 が準備される。この導電性基板 1 0 1 は、たとえば 1 m m 以上の厚みを有するステンレス鋼（S U S）である。この導電性基板 1 0 1 は後工程で硝酸に曝されるため、硝酸に侵されない材質であることが必要である。導電性基板 1 0 1 の厚みが 0 . 1 m m 未満では、取り扱い時にメッキ用型に曲がりなどの損傷が生じることが懸念される。

【 0 0 6 8 】

この導電性基板 1 0 1 上にレジスト 1 0 3 が、たとえば 1 μ m 以上 1 0 0 μ m 以下の厚みで塗布される。レジスト 1 0 3 の厚みが 1 μ m 未満では、絶縁マスクとして必要な絶縁性が得られず、マスク上にメッキ層が成長する可能性がある。また、レジスト 1 0 3 の厚みが 1 0 0 μ m を超えると、次工程の S R リソグラフィにおいて必要な解像を得ることができない。

【 0 0 6 9 】

上記のレジスト 1 0 3 は、S R リソグラフィによりパターンニングされ、それによりレジスト 1 0 3 には、レジスト 1 0 3 と導電性基板 1 0 1 との接触面に達する開口部（凹部） 1 0 3 a が形成される。

【 0 0 7 0 】

次に、開口部 1 0 3 a を埋め込むと共にレジスト 1 0 3 の上面を覆うように、ニッケル層 1 0 4 が電鍍により形成される。このとき、ニッケル層 1 0 4 のレジスト 1 0 3 上面上の厚み T はたとえば 5 μ m 以上 3 0 μ m 以下とされる。この厚み T が 5 μ m 未満では、メッキにより形成されたニッケル層 1 0 4 の膜厚分布により、ニッケル層 1 0 4 が開口部 1 0 3 a 内をレジスト 1 0 3 の上面まで埋め込めない可能性がある。また、この厚み T が 3 0 μ m を超えると、次工程におけるニッケル層の研磨にかかる時間が長くなる。

【 0 0 7 1 】

図 1 7 を参照して、レジスト 1 0 3 の上面が露出するまで、ニッケル層 1 0 4 が研磨除去される。これにより、レジスト 1 0 3 の開口部 1 0 3 a 内のみ、ニッケル層 1 0 4 が残存される。

【 0 0 7 2 】

図 1 8 を参照して、上記のレジスト 1 0 3 が、たとえばフッ素ガスによりアッシングで除去される。これにより、微細パターンを有するニッケル層 1 0 4 と導電性基板 1 0 1 との積層構造よりなる積層体 1 0 5 が形成される。

【 0 0 7 3 】

図 1 9 を参照して、2 5 0 ℃ 以上の耐熱を有する材質よりなる素材 1 0 2 が準備される。この素材 1 0 2 は、たとえば 3 5 0 ℃ 以上の耐熱を有し、かつ  $1 0 \times 1 0^{-6} / ^\circ\text{C}$  以上  $2 0 \times 1 0^{-6} / ^\circ\text{C}$  以下の線膨張係数を有するフリットガラスである。

【 0 0 7 4 】

素材 1 0 2 の耐熱が 2 5 0 ℃ 未満では、高温になる熔融塩中において素材 1 0 2 が変形する。また、素材 1 0 2 の耐熱を 3 5 0 ℃ 以上にすれば、さらに高温の熔融塩中においても素材 1 0 2 の変形を防止することができる。

【 0 0 7 5 】

素材 1 0 2 の線膨張係数が  $1 0 \times 1 0^{-6} / ^\circ\text{C}$  未満では、素材 1 0 2 の線膨張係数に対す

10

20

30

40

50

る導電性基板 101 を構成するステンレス鋼の線膨張係数が大きくなるため、素材 102 にクラックが生じる。また、素材 102 の線膨張係数が  $20 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  を超えると、導電性基板 101 を構成するステンレス鋼の線膨張係数に対する素材 102 の線膨張係数が大きくなるため、素材 102 が導電性基板 101 から剥離する。

【0076】

この素材 102 を加熱した状態で、素材 102 の表面に積層体 105 の微細パターンが押し当てられる。加熱により素材 102 の表面は流動し易い状態となっているため、素材 102 の表面に積層体 105 の微細パターンを押し当てることにより、素材 102 の表面はその微細パターンに沿って変形する。これによって、素材 102 の表面は微細パターンに嵌るように変形する。

10

【0077】

図 20 を参照して、ニッケル層 104 の上面が露出するまで素材 102 が研磨除去される。これにより、素材 102 は、ニッケル層 104 の開口部 104a 内にのみ残存されてパターン層 102 となる。

【0078】

図 21 を参照して、上記のニッケル層 104 が硝酸により溶解除去され、これにより本実施の形態のメッキ用型 110 が製造される。

【0079】

上記の方法により形成される本実施の形態のメッキ用型 110 は、図 21 に示すように、導電性基板 101 とパターン層 102 との積層構造よりなっている。パターン層 102 には、 $\mu\text{m}$  オーダ以下の寸法の微細パターンが形成されている。導電性基板 101 とパターン層 102 との双方は、 $250^\circ\text{C}$  以上の耐熱を有する材質よりなっており、 $350^\circ\text{C}$  以上の耐熱を有する材質よりなっていることが好ましい。

20

【0080】

本実施の形態によれば、メッキ用型 110 は  $250^\circ\text{C}$  以上の耐熱を有する材質よりなっているため、高温となる熔融塩電鍍においても軟化・変形を起こすことは防止される。このため、このメッキ用型 110 を用いることにより、タングステンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を、水（水溶液）を使わない熔融塩電鍍により製造することが可能となる。

【0081】

30

（実施の形態 4）

図 22 ～ 図 27 は、本発明の実施の形態 4 におけるメッキ用型の製造方法を工程順に示す概略断面図である。図 22 を参照して、金属板 106 が準備される。この金属板 106 上にレジスト 107 が、たとえば  $1 \mu\text{m}$  以上  $100 \mu\text{m}$  以下の厚みで塗布される。レジスト 107 の厚みが  $1 \mu\text{m}$  未満では、絶縁マスクとして必要な絶縁性が得られず、マスク上にメッキ層が成長する可能性がある。また、レジスト 107 の厚みが  $100 \mu\text{m}$  を超えると、次工程の SR リソグラフィにおいて必要な解像を得ることができない。

【0082】

上記のレジスト 107 は、SR リソグラフィによりパターンニングされ、それによりレジスト 107 には、レジスト 107 と金属板 106 との接触面に達する開口部（凹部）107a が形成される。

40

【0083】

図 23 を参照して、開口部 107a を埋め込むと共にレジスト 107 の上面を覆うように、ニッケル層 108 が電鍍により形成される。この後、レジスト 107 がたとえばフッ素ガスによりアッシングで除去され、さらに金属板 106 がニッケル層 108 から取外される。

【0084】

図 24 を参照して、これにより、ニッケル層よりなり、かつ表面に微細パターン（凸部 108a および凹部）を有する型 108 が形成される。

【0085】

50

図 25 を参照して、250℃以上の耐熱を有する材質よりなる素材 110A が準備される。この素材 110A は、たとえば 350℃以上の耐熱を有するフリットガラスである。

【0086】

素材 110A の耐熱が 250℃未満では、高温になる熔融塩中において素材 110A が変形する。また、素材 110A の耐熱を 350℃以上にすれば、さらに高温の熔融塩中においても素材 110A の変形を防止することができる。

【0087】

この素材 110A を加熱した状態で、素材 110A の表面に型 108 の微細パターンが押し当てられる。加熱により素材 110A の表面は流動し易い状態となっているため、素材 110A の表面に型 108 の微細パターンを押し当てることにより、素材 110A の表面はその微細パターンに沿って変形する。これによって、素材 110A の表面は微細パターンに嵌るように変形する。この後、ニッケル層よりなる型 108 が溶解により除去される。

10

【0088】

図 26 を参照して、型 108 の除去により、素材 110A の表面の微細パターン ( $\mu\text{m}$  オーダ) が露出する。

【0089】

図 27 を参照して、素材 110A の露出した微細パターン上に、スパッタ法などにより、250℃以上の耐熱を有する導電性膜 110B が形成され、素材 110A の微細パターン表面が導電化される。これにより、素材 110A と導電性膜 110B とからなる本実施の形態のメッキ用型 110 が製造される。

20

【0090】

本実施の形態によれば、メッキ用型 110 は 250℃以上の耐熱を有する材質よりなっているため、高温となる熔融塩電鍍においても軟化・変形を起こすことは防止される。このため、このメッキ用型 110 を用いることにより、タングステンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を、水 (水溶液) を使わない熔融塩電鍍により製造することが可能となる。

【0091】

(実施の形態 5)

図 28 ~ 図 30 は、本発明の実施の形態 5 における微細金属構造体 (たとえば微細加工用型) の製造方法を工程順に示す概略断面図である。図 28 を参照して、250℃以上の耐熱を有するメッキ用型 110 が準備される。このメッキ用型 110 には、たとえば実施の形態 1 ~ 4 のいずれかのメッキ用型 110 が用いられる

30

このメッキ用型 110 を用いてクロム (Cr) の熔融塩電鍍が行なわれる。この熔融塩電鍍に用いられる熔融塩には、たとえば LiCl を 45 質量%、KCl を 55 質量% の比率で混合した融点が 352℃の LiCl-KCl 共融混合物 (熔融塩) に対し、CrCl<sub>2</sub> (塩化クロム) を 1 質量% で添加されたものが用いられる。

【0092】

上記の熔融塩電鍍は、たとえばメッキ用型の耐熱温度よりも低い温度で、アルゴン (Ar) 雰囲気下にて、電流密度を  $10\text{A}/\text{m}^2$  以上  $1000\text{A}/\text{m}^2$  以下 (より好ましくは  $100\text{A}/\text{m}^2$ ) として、クロムのメッキ厚が 1mm 以上 10mm 以下となるような条件下で行なわれる。なお、電鍍温度は 500℃以下であることが好ましい。

40

【0093】

電鍍温度が 500℃を超えると、熱膨張によりメッキ用型が変形し、必要な精度を保つことができない。また、アルゴン雰囲気としたのは、浴に水が混入すると、電流効率の低下および水蒸気爆発の危険性があるからである。また、電流密度を  $10\text{A}/\text{m}^2$  未満とすると電鍍に要する時間が長くなり、 $1000\text{A}/\text{m}^2$  を超えるとデンドライト状の析出物などが生じて清浄なメッキ皮膜が得られない。また、クロムのメッキ厚が 1mm 未満では後工程の鍛造加工に必要な機械強度を得ることができず、10mm を超えると電鍍に要する時間が長くなる。

50

## 【 0 0 9 4 】

上記の熔融塩電鍍により、パターン層 1 0 2 の開口部 1 0 2 a を埋込み、かつパターン層 1 0 2 の上面を覆うようにクロム層 1 2 0 が形成される。なお、パターン層 1 0 2 の開口部 1 0 2 a を埋込む部分 1 2 0 a が、クロム層 1 2 0 の凸部となる。

## 【 0 0 9 5 】

図 2 9 を参照して、たとえばシリコンよりなるパターン層 1 0 2 が、水酸化カリウム ( K O H ) によって溶解除去される。この後、クロム層 1 2 0 を導電性基板 1 0 1 から取り外すことにより、図 3 0 に示すように、たとえばクロム層よりなる微細金属構造体 1 2 0 が製造される。

## 【 0 0 9 6 】

上記の方法により形成される本実施の形態の微細金属構造体 1 2 0 は、図 3 0 に示すように、 $\mu$  m オーダ以下の寸法の微細パターン ( 凸部 1 2 0 a と凹部 ) を有している。また、微細金属構造体 1 2 0 はクロムのような良好な機械強度を有する材質よりなっている。

10

## 【 0 0 9 7 】

この微細金属構造体 1 2 0 は、機械強度の良好なクロムにより形成されている。このため、微細金属構造体 1 2 0 の少なくとも表面のビッカース硬さ H V は 1 0 0 0 であり、引張り耐力は 6 1 1 M P a であり、ヤング率は  $2.5 \times 10^{11}$  P a であり、線膨張係数は  $6.2 \times 10^{-6}$  / °C である。

## 【 0 0 9 8 】

本実施の形態によれば、上述したように、微細金属構造体 1 2 0 の少なくとも表面が 5 0 0 以上のビッカース硬さ H V を有しているため、この微細金属構造体 1 2 0 を高い硬度の要求される用途に使用することができる。

20

## 【 0 0 9 9 】

また、微細金属構造体 1 2 0 は、引張り耐力が 5 0 0 M P a 以上、ヤング率が  $2.5 \times 10^{11}$  P a 以上、線膨張係数が  $6.2 \times 10^{-6}$  以下の良好な機械強度を有しているため、このような機械強度が要求される用途に好適である。

## 【 0 1 0 0 】

## ( 実施の形態 6 )

実施の形態 5 においては、クロムの熔融塩電鍍により形成された微細金属構造体 1 2 0 について説明したが、微細金属構造体 1 2 0 は、タングステン ( W ) の熔融塩電鍍で形成されても良い。この場合には、この熔融塩電鍍に用いられる熔融塩には、たとえば L i C l を 4 5 質量 % 、 K C l を 5 5 質量 % の比率で混合した融点が 3 5 2 °C の L i C l - K C l 共融混合物 ( 熔融塩 ) に対し、W C l<sub>2</sub> を 1 質量 % で添加されたものが用いられる。

30

## 【 0 1 0 1 】

本実施の形態における上記以外の熔融塩電鍍の条件および微細金属構造体 1 2 0 の製造方法は、実施の形態 5 の熔融塩電鍍の条件および製造方法とほぼ同じであるため、その説明は省略する。

## 【 0 1 0 2 】

本実施の形態の方法で形成された微細金属構造体 1 2 0 の少なくとも表面のビッカース硬さ H V は 1 0 0 0 であり、引張り耐力は 9 8 0 M P a であり、ヤング率は  $4.0 \times 10^{11}$  P a であり、線膨張係数は  $4.4 \times 10^{-6}$  / °C である。

40

## 【 0 1 0 3 】

本実施の形態によれば、実施の形態 4 と同様の効果が得られる。

## ( 実施の形態 7 )

実施の形態 5 においては、クロムの熔融塩電鍍により形成された微細金属構造体 1 2 0 について説明したが、図 2 9 、 3 0 の工程で微細金属構造体 1 2 0 を導電性基板 1 0 1 から取り外した後に、図 3 1 に示すように微細金属構造体 1 2 0 の少なくとも微細パターンが形成された表面が窒化されても良い。この窒化は、たとえばイオン窒化により行なわれる。これにより、微細金属構造体 1 2 0 の窒化された部分には、たとえば 1  $\mu$  m の厚みの窒化クロム ( C r N ) 層 1 1 1 が形成される。

50

## 【 0 1 0 4 】

本実施の形態における上記以外の微細金属構造体 1 2 0 の製造方法は、実施の形態 5 の製造方法とほぼ同じであるため、その説明は省略する。

## 【 0 1 0 5 】

本実施の形態の方法で形成された微細金属構造体 1 2 0 の窒化クロム層 1 1 1 が形成された表面のビッカース硬さ H V は 2 0 0 0 であり、引張り耐力は 6 1 1 M P a であり、ヤング率は  $2.5 \times 10^{11}$  P a であり、線膨張係数は  $4.4 \times 10^{-6}$  /℃である。

## 【 0 1 0 6 】

本実施の形態によれば、窒化クロム層 1 1 1 が微細パターン部に形成されているため、この微細金属構造体 1 2 0 をガラスを加工するための微細加工用型として用いた場合に、加工後のガラスの離型性を良好とすることができる。 10

## 【 0 1 0 7 】

また本実施の形態によれば、実施の形態 5 と同様の効果が得られる。  
上記の実施の形態 5 ～ 7 の各微細金属構造体 1 2 0 は、たとえば加工用素材（たとえば金属、ガラスなど）を  $\mu$  m オーダのパターンを有する加工品に加工するための微細加工用型として用いられる。この場合、実施の形態 5 ～ 7 の各微細金属構造体 1 2 0 は、上述の良好な機械強度を有しているため、加工用素材を寸法精度良く加工することが可能となる。特に加工品が金属または合金よりなっている場合には、加工硬化により、メッキ品よりも強度の高い加工品を得ることができる。

## 【 0 1 0 8 】

なお、本明細書における「微細金属構造体」および「微細加工用型」の各々は、全体の寸法が数 mm 程度で、かつ  $\mu$  m オーダ以下の寸法のパターンを有する金属構造体および加工用型の各々を意味する。また、本明細書における「 $\mu$  m オーダ」とは、1  $\mu$  m 以上 1 mm 未満を意味している。また、本明細書における「加工面」とは、加工時に微細加工用型が加工用素材に接する面を意味する。 20

## 【 0 1 0 9 】

また、本明細書における「250℃以上の耐熱を有する材質」とは、図 3 2 を参照して、パターン 1 0 2 を 250℃以上に加熱した場合に、一点鎖線で示す加熱前のパターン 1 0 2 の寸法（L 1、H 1）に対する実線で示す加熱後のパターン 1 0 2 の寸法（L 2、H 2）の変動が  $\pm 2\%$  以内に収まる材質を意味する。つまり、本明細書における「250℃以上の耐熱を有する材質」とは、 $0.98 \times L 1 \leq L 2 \leq 1.02 \times L 1$  および  $0.98 \times H 1 \leq H 2 \leq 1.02 \times H 1$  を満たす材質を意味する。 30

## 【 0 1 1 0 】

また、「350℃以上の耐熱を有する材質」も、上記と同様、350℃以上に加熱した場合に、加熱前のパターンの寸法に対する加熱後のパターンの寸法の変動が  $\pm 2\%$  以内に収まる材質を意味する。

## 【 0 1 1 1 】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。 40

## 【 0 1 1 2 】

## 【 発明の効果 】

以上説明したように本発明の微細パターンを有するメッキ用型は、250℃以上の耐熱を有する材質よりなっているため、高温となる熔融塩電鍍においても軟化・変形を起こすことは防止される。このため、このメッキ用型を用いれば、タングステンのように融点が高く、かつ機械強度も高い材質よりなる機械構造体を、水（水溶液）を使わない熔融塩電鍍により高精度に製造することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 1 工程を示す概略断 50

面図である。

【図 2】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 2 工程を示す概略断面図である。

【図 3】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 3 工程を示す概略断面図である。

【図 4】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 4 工程を示す概略断面図である。

【図 5】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 5 工程を示す概略断面図である。

【図 6】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 6 工程を示す概略断面図である。 10

【図 7】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 7 工程を示す概略断面図である。

【図 8】本発明の実施の形態 1 における微細金属部品の製造方法の第 8 工程を示す概略断面図である。

【図 9】熔融塩電鍍を行なう装置の構成を模式的に示す図である。

【図 10】シリコン層上のシード層を通電層として電鍍により金属層を形成する第 1 工程を示す概略断面図である。

【図 11】シリコン層上のシード層を通電層として電鍍により金属層を形成する第 2 工程を示す概略断面図である。 20

【図 12】本発明の実施の形態 2 におけるメッキ用型の製造方法の第 1 工程を示す概略断面図である。

【図 13】本発明の実施の形態 2 におけるメッキ用型の製造方法の第 2 工程を示す概略断面図である。

【図 14】本発明の実施の形態 2 におけるメッキ用型の製造方法の第 3 工程を示す概略断面図である。

【図 15】本発明の実施の形態 2 におけるメッキ用型の製造方法の第 4 工程を示す概略断面図である。

【図 16】本発明の実施の形態 3 におけるメッキ用型の製造方法の第 1 工程を示す概略断面図である。 30

【図 17】本発明の実施の形態 3 におけるメッキ用型の製造方法の第 2 工程を示す概略断面図である。

【図 18】本発明の実施の形態 3 におけるメッキ用型の製造方法の第 3 工程を示す概略断面図である。

【図 19】本発明の実施の形態 3 におけるメッキ用型の製造方法の第 4 工程を示す概略断面図である。

【図 20】本発明の実施の形態 3 におけるメッキ用型の製造方法の第 5 工程を示す概略断面図である。

【図 21】本発明の実施の形態 3 におけるメッキ用型の製造方法の第 6 工程を示す概略断面図である。 40

【図 22】本発明の実施の形態 4 におけるメッキ用型の製造方法の第 1 工程を示す概略断面図である。

【図 23】本発明の実施の形態 4 におけるメッキ用型の製造方法の第 2 工程を示す概略断面図である。

【図 24】本発明の実施の形態 4 におけるメッキ用型の製造方法の第 3 工程を示す概略断面図である。

【図 25】本発明の実施の形態 4 におけるメッキ用型の製造方法の第 4 工程を示す概略断面図である。

【図 26】本発明の実施の形態 4 におけるメッキ用型の製造方法の第 5 工程を示す概略断面図である。 50



【図 27】本発明の実施の形態 4 におけるメッキ用型の製造方法の第 6 工程を示す概略断面図である。

【図 28】本発明の実施の形態 5 における微細金属構造体の製造方法の第 1 工程を示す概略断面図である。

【図 29】本発明の実施の形態 5 における微細金属構造体の製造方法の第 2 工程を示す概略断面図である。

【図 30】本発明の実施の形態 5 における微細金属構造体の製造方法の第 3 工程を示す概略断面図である。

【図 31】本発明の実施の形態 7 における微細金属構造体の製造方法を示す概略断面図である。

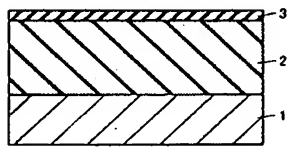
10

【図 32】250℃以上の耐熱を有する材質を説明するための図である。

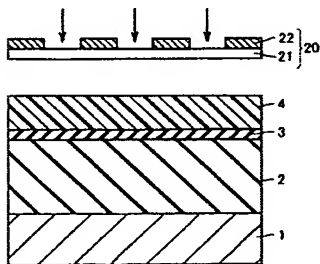
【符号の説明】

1 金属板、1a シード層、2 シリコン基板、2a 開口部、3 マスク層、4 レジスト、10 微細金属部品、20 レチクル、21 基板、22 パターン、31 プラス極、32 マイナス極、33 標準電極、34 熱電対、35 攪拌棒、36 ガス導入部、37a 容器、37b 蓋体、38 熔融塩、39 溶解性陽極、40 基材、101 導電性基板、101a ニッケル層、102, 110A 素材（パターン層）、102a, 103a, 104a, 107a 開口部、103, 107 レジスト、104 ニッケル層、105 積層体、106 金属板、108 ニッケル層（型）、110 メッキ用型、110B 導電性膜、111 窒化クロム層、120 微細金属構造体、120a 凸部。

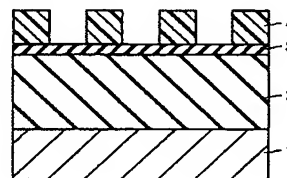
【図 1】



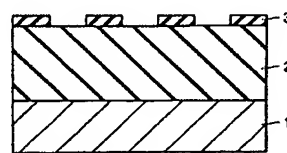
【図 2】



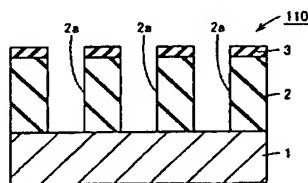
【図 3】



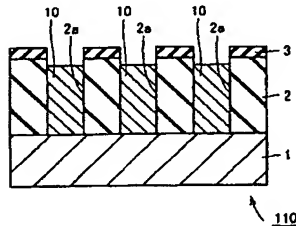
【図 4】



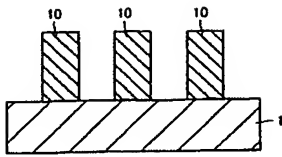
【図 5】



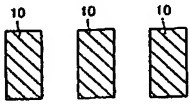
【図 6】



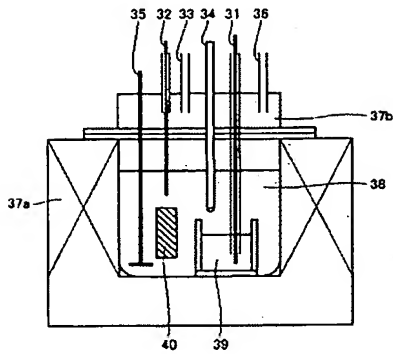
【 図 7 】



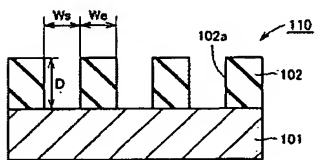
【 図 8 】



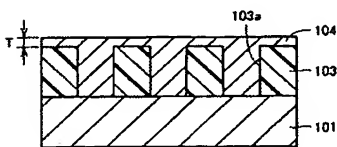
【 図 9 】



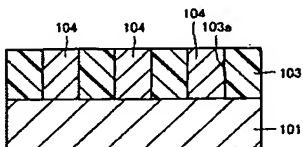
【 図 15 】



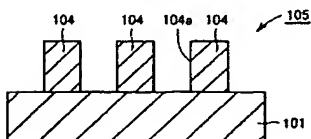
【 図 16 】



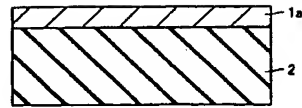
【 図 17 】



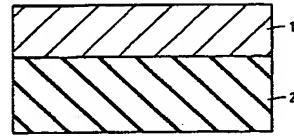
【 図 18 】



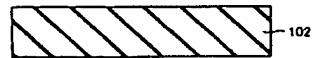
【 図 10 】



【 図 11 】



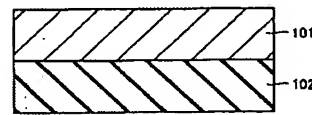
【 図 12 】



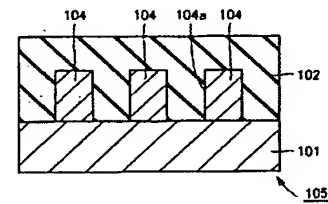
【 図 13 】



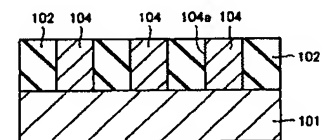
【 図 14 】



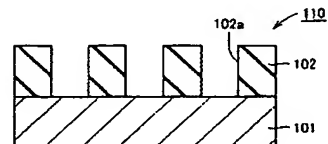
【 図 19 】



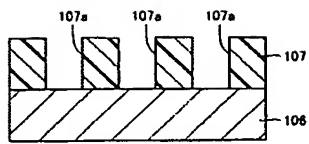
【 図 20 】



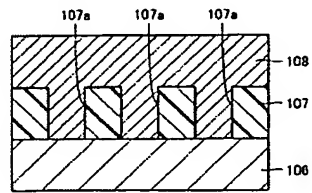
【 図 21 】



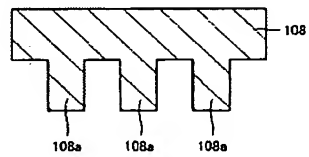
【 図 2 2 】



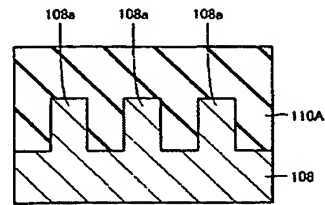
【 図 2 3 】



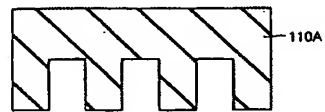
【 図 2 4 】



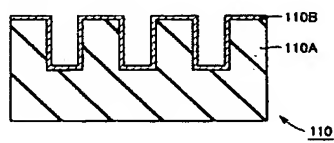
【 図 2 5 】



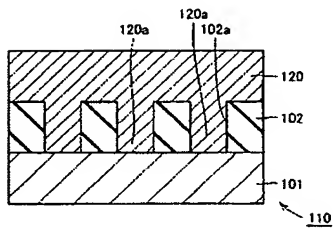
【 図 2 6 】



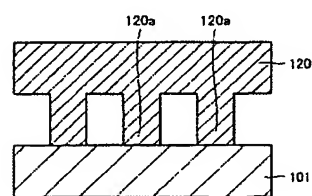
【 図 2 7 】



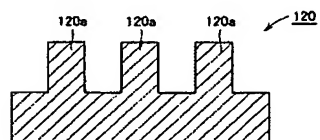
【 図 2 8 】



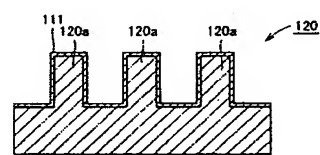
【 図 2 9 】



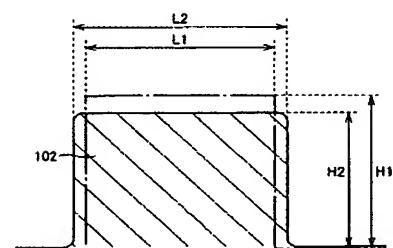
【 図 3 0 】



【 図 3 1 】



【 図 3 2 】



## フロントページの続き

(72)発明者 新田 耕司

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

(72)発明者 稲澤 信二

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

(72)発明者 羽賀 剛

兵庫県赤穂郡上郡町光都3丁目12番1号 住友電気工業株式会社播磨研究所内

(72)発明者 伊藤 靖彦

京都府京都市山科区安朱中溝町27-6

(72)発明者 野平 俊之

京都府京都市左京区吉田本町 京都大学内

(72)発明者 錦織 徳二郎

京都府京都市左京区吉田本町 京都大学内

Fターム(参考) 4M104 BB05 BB13 BB18 DD52